

Е. И. Устинова*, А. М. Михайленко, Д. Л. Шварц*****

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

*ekatherinaustanova@gmail.com,

**am_plus@mail.ru,

***sdl190977@mail.ru

Научный руководитель — доц., канд. техн. наук А. М. Михайленко

ОПТИМИЗАЦИЯ СХЕМЫ ДЕФОРМАЦИИ МЕТАЛЛА ПРИ ПРОКАТКЕ ШВЕЛЛЕРОВ

Уменьшение величины неравномерности деформации выбрано в качестве одной из целей оптимизации калибровки прокатных валков. С использованием универсальной «Концепции оптимальной калибровки» сформированы пространства швеллерных калибров и швеллерных калибровок, а также разработан алгоритм формирования пространства схем швеллерных калибровок и выбора оптимальной схемы калибровки.

Ключевые слова: сортовая прокатка, неравномерность деформации, калибровка прокатных валков, калибр, системный анализ, критерии оптимальности, оптимизация калибровки валков, швеллерный калибр, пространство калибров.

E. I. Ustinova, A. M. Mikhailenko, D. L. Shvarts

THE OPTIMIZATION OF THE SCHEME OF METAL DEFORMATION WHILE ROLLING CHANNELS

The decrease in the magnitude of the unevenness of the deformation was chosen as one of the goals of optimizing the calibration of the rolling rolls. With the use of the universal “Concept of Optimal Calibration”, channels of channel calibers and channel calibrations are formed, and an algorithm for forming the space of channel calibrations schemes and for selecting the optimal calibration scheme.

Key words: profiled rolling, unevenness of deformation, calibration of rolling rolls, caliber, system analysis, optimality criteria, optimization of roll calibration, channel caliber, space of calibers.

Вреальных процессах обработки металлов давлением равномерность деформации маловероятна. При получении готового изделия сложной формы из простой заготовки неравномерность деформации неизбежна. Из-за неравномерности деформации размеры отдельных слоев и элементов профиля деформируемого тела изменяются по-разному, что в свою очередь влияет на соседние слои и элемен-

ты. Вследствие этого в металле возникают дополнительные внутренние напряжения, которые могут частично сохраняться в нем и после деформации. Эти остаточные напряжения могут привести к возникновению трещин и надрывов в металле в процессе деформации, а также к искривлению готового профиля.

Из литературы и практики известны такие способы калибровки швеллеров, в которых неравномерность деформации в черновых проходах невысока, к примеру прокатка швеллеров по способу сгибания, где используются калибры прямополочного типа. В таких калибрах достигается наибольшая равномерность деформации по ширине профиля, а также обеспечивается минимальный врез калибров в валки и наименьшая разница рабочих диаметров в калибре, что позволяет уменьшить износ валков и сократить расход энергии при прокатке [1]. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что в зависимости от типа калибровки и вида используемых калибров получают различную неравномерность деформации. Следовательно, оптимальную схему деформации металла можно получить, используя оптимальную калибровку прокатных валков, главной целью оптимизации которой выступает минимум неравномерности деформации.

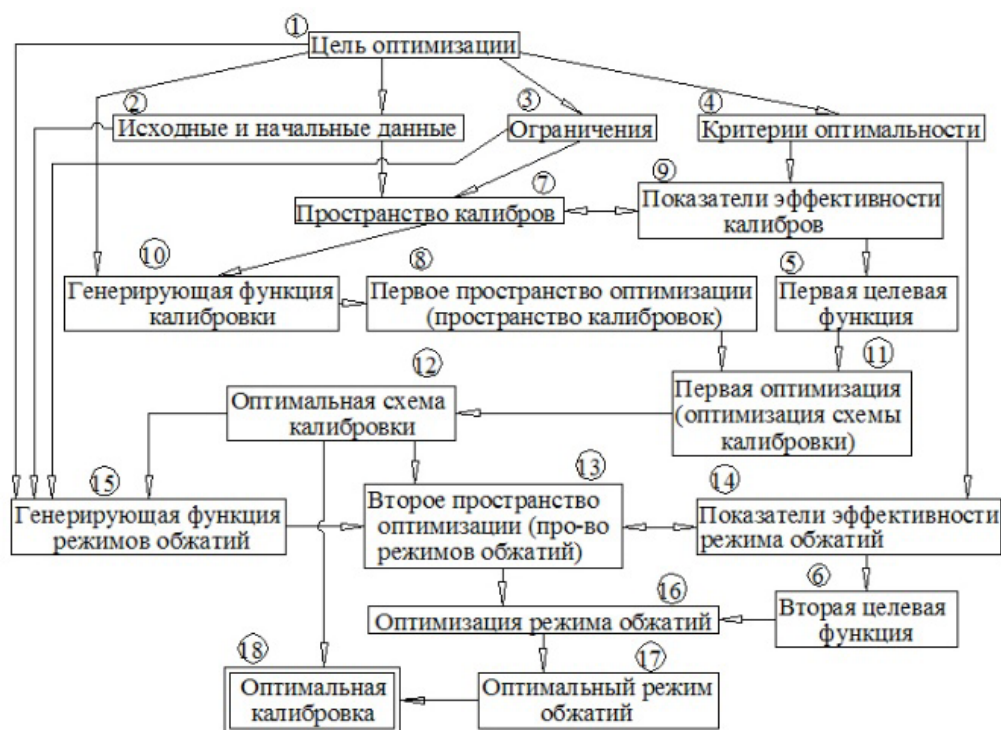


Рис. 1. Блок-схема оптимизации [3]

Для определения оптимальной калибровки валков используется универсальная «Концепция оптимальной калибровки», разработанная на кафедре обработки металлов давлением Уральского федерального университета (УрФУ).

На начальном этапе было сформировано пространство схем швеллерных калибров и установлены основные принципы для формирования пространства схем швеллерных калибровок. Результаты были представлены в [2–4]. Для того, чтобы сформировать пространство схем швеллерных калибровок, был сформулирован следующий алгоритм, представленный на рис. 2.

Далее необходимо устранить из сформированного пространства те схемы калибровки, применение которых недопустимо для прокатки конкретного вида швеллера на конкретном прокатном стане. Для этого сформирована система ограничений, состоящая из блока исходных данных и блока ограничений [4].

В рамках данной концепции для выбора оптимальной схемы калибровки используется многокритериальная целевая функция, позволяющая достигать максимально широкий спектр разноплановых целей. Но т. к. основной задачей стоит определение оптимальной схемы деформации, то главной целью оптимизации калибровки валков выступает минимум неравномерности деформации.

Для того, чтобы получить конкретное числовое значение для целевой функции Q , необходимо экспертно присвоить ранг по каждому уровню варьирования признаков калибров [1–4]. Числовые значения приняты таким образом, что чем сильнее уровень признака классификации приближает калибр к целевому значению по данному показателю, тем меньший ранг он имеет (1 ранг). Проведено нормирование рангов в соответствии с правилом

$$r_{ij} = \frac{R_{ij}}{R_{ij\max}}, \quad (1)$$

где $R_{ij\max}$ — наибольшее значение ранга для каждого уровня признака.

Результаты представлены в табл. 1.

Далее для каждой схемы швеллерных калибровок рассчитывается значение целевой функции. Схема калибровки с экстремальным значением целевой функции ($Q \rightarrow \min$) будет считаться оптимальной схемой швеллерной калибровки и при этом обеспечивать оптимальную схему деформации.

Таблица 1

Расставление и нормирование рангов калибров R_{ij} по уровням варьирования признаков классификации

Наименование показателя	Целевое значение	Уровни признака классификации	R_{ij}	$R_{ij\max}$	Нормированные ранги r_{ij}
Неравномерность деформации	Минимум	С (вид стенки)			
		прямая	1	3	0,333
		вырезная	3		1,000
		изогнутая	2		0,667
		волнистая	2		0,667
		Д (вид действительных фланцев)			
		прямые с малым уклоном	4	4	1,000
		прямые с увеличенным уклоном	3		0,750
		изогнутые	2		0,500
		без уклона	1		0,250
		Л (вид ложных фланцев)			
		треугольные	2	2	1,000
		трапецевидные	2		1,000
		без ложных фланцев	1		0,500
		Р (тип закрытия калибра и количество валков, образующих калибр)			
		открытый	3	4	0,750
		полузакрытый	4		1,000
		закрытый сверху	2		0,500
		закрытый	4		1,000
		4-валковый	1		0,250

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов В. К., Шилов В. А., Иналович Ю. В. Калибровка прокатки валков : учеб. пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М. : Теплотехник, 2010. 492 с.
2. Михайленко А. М., Шварц Д. Л., Устинова Е. И. Оптимизация калибровок валков для прокатки швеллеров. Оптимизационная модель и пространство калибров // Труды XI Конгресса прокатчиков. 2017. Т. I. С. 283–295.
3. Устинова Е. И., Михайленко А. М., Шварц Д. Л. Выбор оптимальной калибровки прокатных валков с целью улучшения структуры готового швеллера // Уральская школа молодых металлосведов : материалы XVII Междунар. науч.-техн. уральской школы-семинара металлосведов — молодых ученых. Екатеринбург : УрФУ, 2017. С. 660–664.
4. Устинова Е. И., Михайленко А. М., Шварц Д. Л. Выбор оптимальной схемы калибровки валков для прокатки швеллеров, как первого этапа оптимизации // Механическое оборудование металлургических заводов. 2018. № 1. С. 72–82.